

APLICACION DE UN BANCO DE DATOS A LA CARACTERIZACION GEOQUIMICA Y METALOGENETICA DE LOS GRANITOIDES HERCINICOS DEL N.W. DE ESPAÑA.

J.L. Barrera (\*); F. Bellido (\*\*); J.L. Brändle (\*\*\*); M. Peinado (\*\*\*\*)  
(\*) GEOPRIN, S.A. Madrid.

(\*\*) Instituto de Geología. (C.S.I.C.), Madrid.

(\*\*\*) Instituto de Geología Económica. (C.S.I.C.), Madrid.

(\*\*\*\*) Departamento de Petrología, Universidad Complutense. Madrid.

Resumen

De un total aproximado de 2.900 análisis químicos de rocas graníticas disponibles actualmente en este banco de datos, se han seleccionado los 354 del área NW hercínica, distribuidos en tres grupos graníticos: Granitoides precoces biotíticos; Granitos 2 micas deformados; Granitoides postcinemáticos.

La caracterización geoquímica se realiza por tratamiento multivariante y por índices clásicos de la problemática granítica.

Abstract

The total number of chemical analyses carried out on approx. 2.900 granitic rocks, at present available in the data bank amounted to 354 belonging to the North West hercynic area. Three granite groups are distributed in this area: Early biotitic granitoids; deformed two micas granites, and post-kinematic granitoids.

The geochemical characterization was carried out by multivariable treatment and using classic indexes of granite problematic.

INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte de una serie de investigaciones que tiene por finalidad al establecimiento de un banco de datos geoquímico sobre los granitoides hercínicos del Sector Español del Macizo Herpérico. En el banco de datos se incluye además de los análisis químicos, información sobre las unidades plutónicas, relaciones con la deformación regional, mineralogía, etc.

El usar unas características petrológicas y mineralógicas para definir -

y agrupar globalmente los plutones, se debe a la falta de información complementaria de los propios análisis químicos en sí.

Por ello dada la posibilidad de que un plutón este constituido por varias facies, tanto petrológicas como mineralógicas, resulta difícil establecer una relación biunívoca entre plutón y análisis químicos.

Pese a estas dificultades, los 76 plutones establecidos se han dividido en los tres grupos más característicos que posteriormente se definen, no solo para estudiar sus diferencias geoquímicas, sino también para encontrar relaciones con los indicios mineros.

#### TIPOS GRANITOIDES EN BASE A CRITERIOS MINERALOGICOS Y ESTRUCTURALES.

Los granitos del área NW del Macizo Hespérico, han sido agrupados en diferentes familias en base a sus características mineralógicas y estructurales fundamentales, estableciéndose las correlaciones con los granitos geográficamente adyacentes de la vecina región del Norte de Portugal, (1), (2) y (3). Desde el punto de vista mineralógico, el criterio fundamental se basa en la naturaleza de las micas presentes y en la presencia o no de megacristales de feldespato potásico. Los tipos así clasificados eran subdivididos por sus criterios cronológicos, y relaciones con los eventos deformativos regionales estableciéndose los grupos de granitos antiguos (granitos alcalinos de dos micas, granitos de anatexis y migmatíticos) y los granitos jóvenes (granodioritas biotíticas calcoalcalinas tardías). Un grupo intermedio era el de los granitos alcalinos con dos micas y megacristales de FK.

Teniendo en cuenta estas clasificaciones, así como otras divisiones realizadas en ámbitos más restringidos de Galicia (4) y (5), se ha adaptado aquí una clasificación simplificada, síntesis de las anteriores.

##### 1) Granitoides precoces principalmente biotíticos.

Son cuerpos generalmente de grandes dimensiones, elongados según las estructuras regionales  $S_2$  y  $S_3$  y con abundantes megacristales de feldespato potásico, que definen una orientación de flujo magmático. Estructuralmente presentan de manera dominante una orientación deformativa coincidente en ge-

neral con la de flujo magmático y sus contactos en la roca de caja son netos.

La composición mineralógica fundamental consta de Q - P - FK - Bi + Anf. + Mo (siempre accesoria). Los tipos litológicos más frecuentes oscilan entre granodioritas y granitos. Con carácter subordinado se encuentran térmicos de composición más básica tonalítica-cuarzodiorita que constituyen megaenclaves o, a lo sumo, pequeños stoks.

Estos granitoides se encuentran cortados por los granitos de 2 micas deformados, no dándose nunca la situación inversa, por lo que se les considera representantes del primer evento intrusivo hercínico.

## 2) Granitoides inhomogéneos y granitos de dos micas deformados.

Los granitoides inhomogéneos se encuentran íntimamente ligados con zonas metasidementarias y ortogneisicas migmatizadas. Su mineralogía es Q-FK- Pg-Bi-Me + Sill (accesoria).

Estas rocas se presentan, en ocasiones, con transiciones y entremezclas con tipos de granitos de 2 micas de carácter homogéneo y sin restos migmatíticos, los cuales intruyen sobre los metasedimentos y los granitoides inhomogéneos, existiendo posiblemente un cierto grado de conexión genética entre ambos tipos de granitos.

La mineralogía de estos granitoides es, fundamentalmente, Q-FK-P- Bi-Ms, apareciendo ocasionalmente y en menores proporciones granate y/o sillimanita.

Litológicamente, tanto los granitos de 2 micas homogéneos como los inhomogéneos corresponden a tipos bastantes leucocráticos y presentan enclaves de metasedimentos o "surmicáceos," encontrándose afectados en grado variable (dependiendo del dominio de emplazamiento) por las deformaciones hercínicas.

## 3) Granitoides postcinemáticos fundamentalmente biotíticos.

Suelen encontrarse constituyendo macizos circunscritos isodiamétricos

y a veces con disposición zonal de facies. Las relaciones en los materiales encajantes son claramente intrusivas y discordantes, con ausencia total de estructuras de deformación.

La mineralogía más frecuente es Q-FK-P-Bi, detectándose la presencia de anfíbol o moscovita en proporciones restringidas en algunas facies de variación.

El espectro litológico más frecuente se sitúa en el campo de los granitos. Muy subordinariamente se asocian a ellos rocas tonalíticas- cuarzodioríticas que normalmente aparecen en forma de enclaves de dimensiones reducidas.

#### COMPOSICION QUIMICA DE LOS GRUPOS GRANITICOS.

La información analítica existente determina las composiciones químicas medias, las cuales están expresadas en la tabla I. Puede comprobarse que los grupos graníticos son bastante ácidos y que, incluso en el caso de los granitoides biotíticos precoces, superan notablemente el contenido de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{K}_2\text{O}$  de la media de adamellititas establecida por (6).

Los granitoides precoces son, a su vez, los más ricos en aluminio, pero su peraluminidad es superada por los granitos de dos micas. Esta abundancia de aluminio queda reflejada en la mayor abundancia de biotita y de plagioclasa más básica (más rica en aluminio).

Los granitos de dos micas, son los que presentan la composición más ácida y leucocrática, siendo los más paralumínicos y los que tienen una mayor relación  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ . Su contenido en calcio es muy baja que, mineralógicamente, se traduce en plagioclasa albítica.

Los bajos contenidos en  $\text{FeO}$  y  $\text{MgO}$  y la relación normativa  $\text{C}/(\text{C}+\text{H}_y)$  ponen de manifiesto la menor abundancia de biotita en estas rocas y la elevada proporción de moscovita.

Los granitoides postcinemáticos tienen también una composición muy ácida y leucocrática, si bien el carácter peralumínico es muy inferior al del gru-

TABLA I

Media de los análisis químicos de los 3 grupos de granitoides

	N = 51 Granitoides precoces		N = 203 Granitoides inhomogeneos y granitos de 2 micas de formados.		N = 100 Granitos postcine- máticos.	
	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$
SiO <sub>2</sub>	70,11	2,43	72,80	1,89	71,87	2,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,17	0,78	14,52	0,98	14,18	0,96
FeO <sub>t</sub>	2,45	1,00	1,60	0,85	2,03	1,05
MnO	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02
MgO	0,84	0,51	0,40	0,34	0,44	0,43
CaO	1,50	0,73	0,69	0,40	1,21	0,77
Na <sub>2</sub> O	3,15	0,54	3,03	0,54	3,49	0,38
K <sub>2</sub> O	4,56	0,66	4,75	0,74	4,62	0,68
TiO <sub>2</sub>	0,39	0,18	0,23	0,15	0,28	0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,07	0,17	0,09	0,15	0,47
H <sub>2</sub> O	1,05	0,57	1,35	0,57	1,04	0,57

Norma CIPW

Q	28,48	34,21	29,54
Or	26,95	28,07	27,30
Ab	26,66	25,64	29,53
An	6,53	2,31	5,02
Hy	6,00	3,61	4,44
Il	0,74	0,44	0,53
Ap	0,32	0,39	0,35
C	2,66	3,55	1,60
I.D.	82,08	87,92	86,37
Feng.	0,59	0,67	0,70

po de granitos de dos micas del que se separan también netamente por su mayor riqueza en sodio. El contenido de alcalis de este grupo es el mayor, debido fundamentalmente al alto contenido en sódio.

Las diferencias fundamentales expresadas previamente, peden observarse en la fig. 1. En estos histogramas, la moda para el índice de peraluminidad (IP) en los granitos de dos micas se encuentra desplazada dos clases por encima de la correspondiente a los otros grupos predominantemente biotíticos. La menor agudeza de la distribución del IP en los granitoides biotíticos precoces puede ser en parte debido a la inclusión en este grupo de rocas incorrectamente clasificadas en las fuentes de procedencia de los datos y que, por su quimismo, presentan afinidades con los granitos de dos micas.

Con respecto a la distribución del cálcio (fig. 1), se observa que los granitoides precoces presentan una distribución muy dispersiva, con un número de muestras relativamente alto en los valores inferiores, lo que además de reflejar un amplio rango composicional puede ser debido, según se ha indicado previamente, a la inclusión de este grupo de granitos de dos micas. Estos últimos presentan una gran agudeza en el histograma de distribución, poniendo de manifiesto que la mayoría de las rocas se sitúa por debajo de contenidos en cálcio de 1.2.

En los granitoides postcinemáticos predominan los términos pobres en calcio, con una moda principal coincidente con la de los granitos de dos micas, si bien aparece una moda secundaria en términos algo más altos.

#### TENDENCIAS GEOQUIMICAS DE VARIACION.

Las tendencias de variación y las interdependencias de los elementos mayoritarios, pueden observarse en su conjunto en las matrices de correlación calculadas para cada uno de ellos. (tabla II).

A pesar de que los coeficientes de correlación representativos para un nivel de significación del 95% son relativamente bajos para este número de muestras, sólo se han considerado, con el fin de afianzar la validez de las observaciones, los coeficientes más elevados, indicadores de tendencias y asociaciones inequívocas.

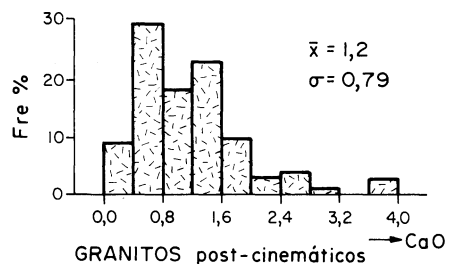
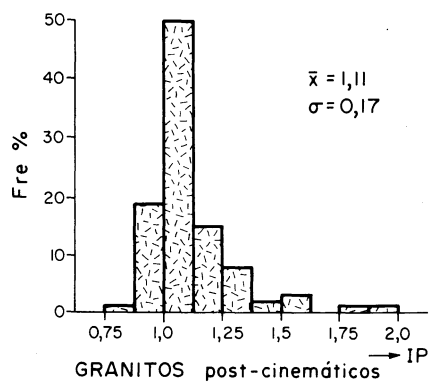
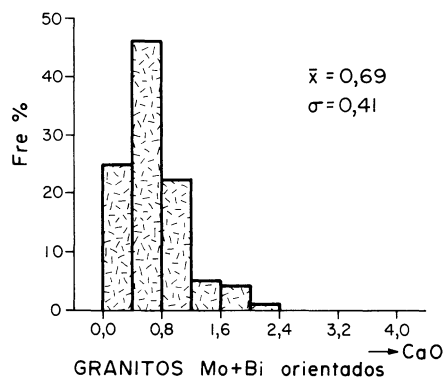
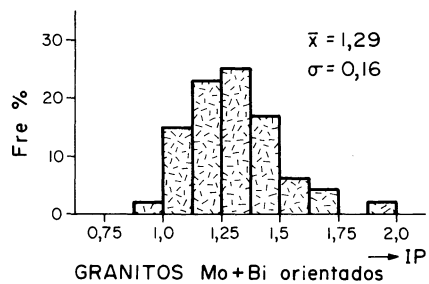
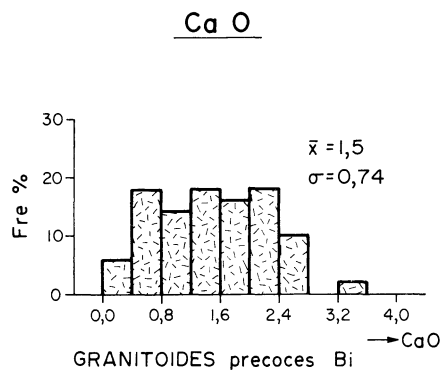
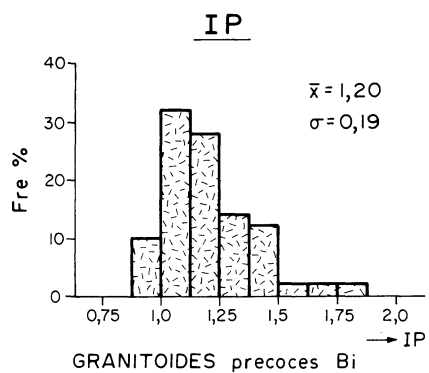


FIG. 1

TABLA II

GRANITOIDES PRECOCES Bi (n = 51)

(el nivel de significación del 95% es de  $r=0,23$ )

	Si	Al	Fe <sub>t</sub>	Mn	Mg	Ca	Na	K	Ti	P
Si	-									
Al	-.52	-								
Fe <sub>t</sub>	-.78	.13	-							
Mn	-.10	-.17	-.07	-						
Mg	-.66	.33	.56	-.12	-					
Ca	-.81	.26	.72	.03	.57	-				
Na	-.26	-.05	.16	.08	-.12	.46	-			
K	.15	-.15	-.35	.08	-.05	-.37	-.41	-		
Ti	-.74	.25	.76	-.01	.47	.66	.42	-.31	-	
P	-.47	.21	.29	-.17	.29	.27	.17	.07	.41	-

GRANITOIDES INHOMOGENEOS Y GRANITOIDES 2 MICAS ORIENTADOS (n=203)

(el nivel de significación del 95% es de  $r=0.11$ )

	Si	Al	Fe <sub>t</sub>	Mn	Mg	Ca	Na	K	Ti	P
Si	--									
Al	-.56	-								
Fe <sub>t</sub>	-.67	.07	-							
Mn	.04	-.13	.05	-						
Mg	-.69	.21	.78	-.09	-					
Ca	-.61	.13	.57	-.01	.61	-				
Na	-.14	-.01	-.03	.04	.05	.40	-			
K	-.03	-.07	-.14	-.02	-.20	-.36	-.48	-		
Ti	-.63	.17	.76	.01	.74	.49	-.08	-.10	-	
P	-.49	.30	.30	.04	.37	.37	.14	.02	.25	-



GRANITOIDES POST-CINEMATICOS (n=100)

(el nivel de significación del 95% es de  $r=0,16$ )

	Si	Al	Fe <sub>t</sub>	Mn	Mg	Ca	Na	K	Ti	P
Si	-									
Al	-.66	-								
Fe <sub>t</sub>	-.83	.45	-							
Mn	-.23	.20	.08							
Mg	-.77	.50	.60	.26	-					
Ca	-.76	.33	.81	.01	.55	-				
Na	-.04	.02	-.05	.12	-.06	.07	-			
K	.06	-.24	-.16	-.08	-.33	-.14	-.29	-		
Ti	-.85	.50	.78	.17	.79	.71	-.01	-.22	-	
P	-.31	.32	.04	.53	.58	-.09	-.01	-.26	.26	-

Dentro de los granitoides precoces, se observa que el  $\text{SiO}_2$  y los óxidos de significado básico ( $\text{FeO}_T$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}_2$  y  $\text{TiO}_2$ ) presentan correlaciones negativas muy fuertes, consecuencia de la disminución de biotita y plagioclasa en los términos más evolucionados de la serie, fruto de fraccionación. Todos los elementos básicos, son, a su vez, los que presentan una mejor correlación de signo positivo entre ellos.

Con respecto a los óxidos de los elementos alcalinos, se observaron unas correlaciones bajas frente al resto de los óxidos, lo que pone de manifiesto que su comportamiento no se encuentra firmemente controlado por los procesos dominantes de evolución magmática, posiblemente debido a que su comportamiento se encuentra controlado por varios factores. Es de destacar además que  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  presentan un comportamiento bastante antagónico, aumentando el  $\text{K}_2\text{O}$  con respecto a los indicadores de evolución.

En el caso de los granitoides de dos micas deformados, la evolución de los elementos básicos respecto a  $\text{SiO}_2$  y entre ellos mismos, presenta prácticamente el mismo sentido y alto grado de correlación que en el grupo precedente. Por tanto, resulta evidente que su evolución se encuentra también predominantemente controlada por la plagioclasa y la biotita así como por la diferenciación de líquidos ricos en cuarzo en los términos finales.

En el caso de los alcalis, el  $\text{K}_2\text{O}$  a pesar de seguir presentando una correlación negativa frente a  $\text{Na}_2\text{O}$ , no presenta prácticamente ninguna correlación con respecto a los indicadores de evolución. Sus únicas correlaciones

apreciables son de carácter negativo frente a los elementos asociados a la plagioclasa ( $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{CaO}$ ). Esta caída de correlación puede deberse en parte a la cristalización de moscovita, aunque no se puede descartar la posibilidad de que alguna de las variaciones de  $\text{K}_2\text{O}$  puedan ser debidas a heterogeneidades en los materiales originarios, lo que condicionaría una dispersión de las tendencias evolutivas.

Los granitoides postcinemáticos también presentan la misma pauta de variación para los elementos básicos, lo que hace suponer que los mecanismos de evolución han sido semejantes a los de los otros dos grupos.

Los dos óxidos alcalinos presentan unos coeficientes de correlación muy bajos, tanto respecto a  $\text{SiO}_2$  como a los restantes óxidos. El  $\text{Na}_2\text{O}$  no presenta correlación apreciable ni siquiera con el  $\text{CaO}$  con el que se encuentra ligado en la plagioclasa, lo que evidencia que aunque en estas rocas la plagioclasa ha jugado un papel efectivo sobre el comportamiento de  $\text{CaO}$ , no ha sido así para el  $\text{Na}_2\text{O}$ . Por otra parte el contenido en  $\text{Na}_2\text{O}$  promedio de estas rocas es el más elevado de los tres grupos. Posiblemente este carácter sódico se encuentra determinado desde los primeros momentos de cristalización.

El  $\text{K}_2\text{O}$  tampoco presenta unas correlaciones significativas al no ser - en este caso eficaz, a causa del bajo contenido en  $\text{H}_2\text{O}$  de los magmas, el efecto de cristalización de moscovita ni las redistribuciones tardimagmáticas. Es probable que el comportamiento dispersivo de este elemento, al igual que en el caso del sódico, sea debido a diferencias en los magmas iniciales.

Con objeto de visualizar algunas tendencias de evolución importantes -- en estas agrupaciones plutónicas se han realizado los diagramas binarios  $\text{SiO}_2$ -IP y  $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{O}$  que sintetizan las pautas de mayor transcendencia en la caracterización de estos tipos de granitos.

El diagrama  $\text{SiO}_2$ -IP, (fig. 2), pone de manifiesto en el grupo de los granitoides precoces el predominio de términos menos ricos en  $\text{SiO}_2$  y con valores IP relativamente bajos, aunque también se observan valores correspondientes a rocas ácidas y de alta peraluminidad que posiblemente corresponden a rocas de dos micas, consideradas en las fuentes de procedencia de los análisis como granitoides biotíticos precoces.

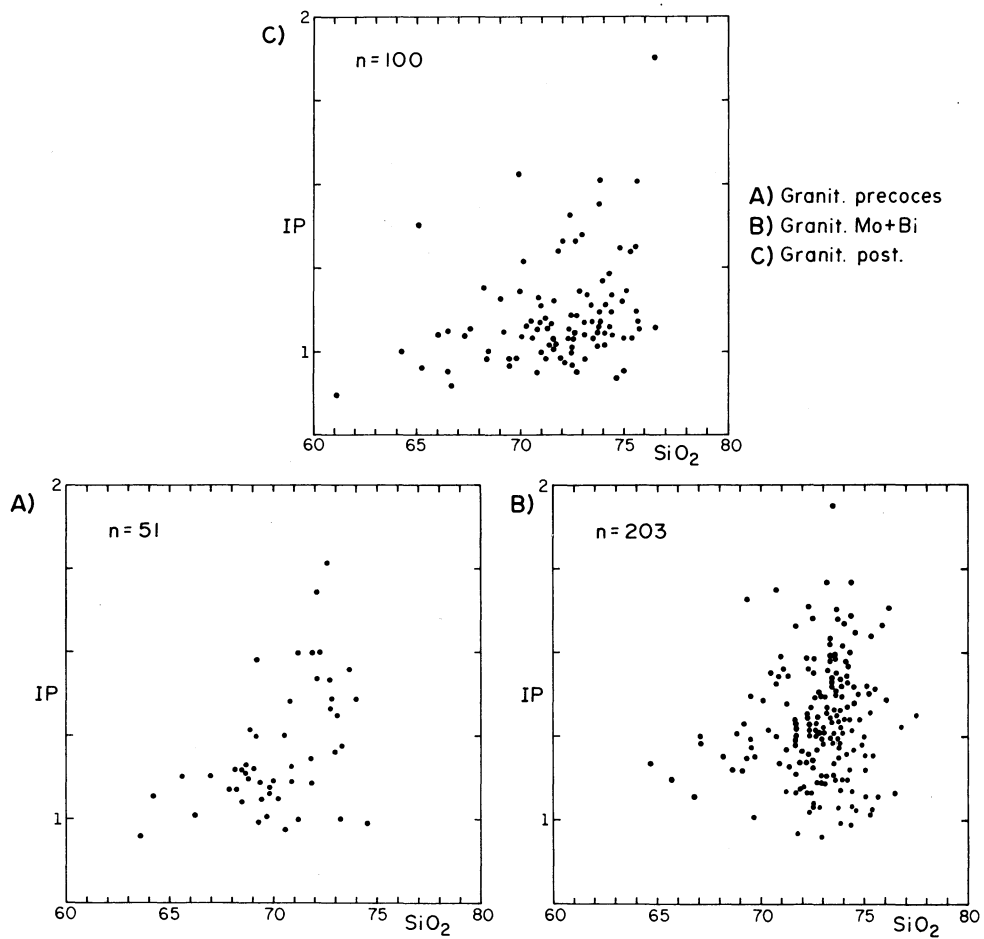


FIG. 2

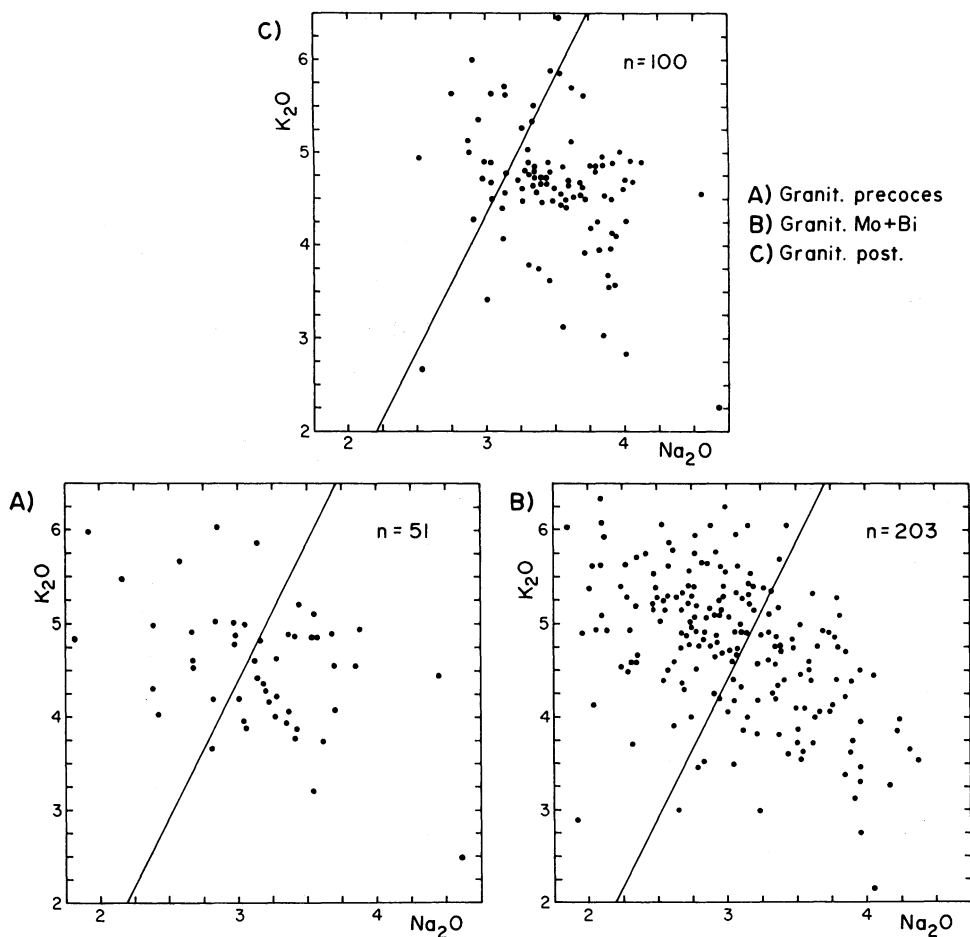


FIG. 3

En los granitoides de dos micas deformados, la característica más evidente es una fuerte variación de la peraluminidad para variaciones en  $\text{SiO}_2$  limitadas, lo que se patentiza en una clara elongación del máximo de muestras paralela al eje de  $\text{SiO}_2$ .

Por el contrario, la tendencia de variación fundamental en los granitoides postcinemáticos se encuentra determinada por una fuerte variación de  $\text{SiO}_2$  con débil cambio de la peraluminidad.

En el diagrama binario  $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$  (fig. 3), se ha superpuesto la línea de separación entre los valores de alcalis propios de los granitos I y granitos S, (7). En esta gráfica se pone de manifiesto nuevamente la presencia de algunos términos excesivamente potásicos en el grupo de los granitoides precoces biotíticos, evidenciando la inclusión en este grupo de muestras - equívocas.

También a través de este diagrama se observa el carácter más sódico de los granitoides postcinemáticos y las pautas de variación inversa de los elementos alcalinos, ya indicados a través de sus coeficientes de correlación.

#### ANÁLISIS FACTORIAL.

Un procedimiento de gran utilidad en el estudio e identificación de tendencias geoquímicas multivariantes consiste en la aplicación del análisis factorial, ya que es posible establecer los términos finales más importantes respecto a la totalidad de variables composicionales de manera simultánea.

Previamente a la realización de los cálculos se ha procedido a la normalización de las variables a valores comprendidos entre 0 y 1 para eliminar el efecto de suma constante y la preponderancia de los óxidos de mayor abundancia. Una vez efectuada esta normalización, se ha aplicado al conjunto de rocas graníticas el análisis factorial en modo Q extendido, (8), con el fin de determinar el peso de los diferentes óxidos en los factores fundamentales.

En el caso estudiado, entre los 3 primeros factores (tabla III) se justifica el 95% de la varianza para todo el conjunto granítico, lo que indica -

TABLA III

Factores de Q-modo (Varimax rotado)

	TOTAL GRANITOIDES (n=354)			GRANITOIDES PRECOCES (n=51)			GRANITOIDES INHOMOGENEOS Y GRANITOS 2 MICAS ORIENTADOS (n=203).			GRANITOS POSTCINEMATICO (n=100)		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º
SiO <sub>2</sub>	.396	-.106	.622	-.162	.457	.623	.416	-.152	.535	.788	-.070	.158
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.327	.435	-.107	.375	.424	-.277	.229	.306	.099	.056	-.495	.035
FeO <sub>t</sub>	.044	.493	-.056	.376	-.078	.007	.152	.407	-.104	-.067	.510	.033
MgO	.012	.396	-.150	.397	-.006	-.064	.031	.424	-.144	-.079	.322	-.014
CaO	-.179	.458	.044	.448	-.197	.136	-.160	.484	.114	-.049	.476	-.048
Na <sub>2</sub> O	-.363	.283	.742	.277	-.071	.547	-.334	.242	.769	.541	.225	-.320
K <sub>2</sub> O	.632	.067	.097	.078	.372	.285	.701	.024	.039	.226	.087	.543
TiO <sub>2</sub>	.041	.322	-.115	.410	.026	.069	.137	.426	-.203	.090	.311	.029
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.003	.043	-.008	.328	-.006	.168	.021	.250	.001	.003	.069	-.036
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.412	.007	.034	.020	.650	-.315	.321	-.011	.157	-.099	.030	.755
Aporte Varianza	33.38	29.66	32.30	41.88	36.16	15.25	37.287	25.969	30.961	43.046	32.170	19.683

que agrupan las variables según las tendencias de variación fundamentales, ya que a partir de ellos, se produce una fuerte caída en el grado de aporte a la varianza.

Los factores 2º y 3º indican, respectivamente, una tendencia de variación sílico-sódica y otra contrapuesta en la que el mayor peso corresponde al calcio y los elementos ferromagnesianos, lo que prácticamente traduce la pauta de evolución entre los extremos ácido y básico.

A estos factores, y prácticamente con el mismo aporte a la varianza, se une el primero en el que el peso más importante le corresponde al  $K_2O$  y que pone de manifiesto la relativa independencia de este elemento con respecto a los procesos generales de evolución entre los extremos ácido y básico, ya que de otra manera su carga máxima se verificaría sobre los factores 2º ó 3º.

Por otra parte, se pone de manifiesto también el relativo antagonismo entre  $K_2O$  y  $Na_2O$  evidenciado al asociarse, en una relación inversa, las tendencias potásicas y la evolución de los elementos de la plagioclasa que cargan en signo negativo.

También hay que destacar la considerable carga del agua sobre el factor potásico, que refleja la asociación en este término final de las tendencias hidratadas y la riqueza en  $K_2O$ .

Considerando individualmente las matrices factoriales de cada grupo de granitos (tabla III) se observa que, aún manteniéndose las tendencias generales en lo esencial, cada conjunto presenta ciertas peculiaridades en cuanto a la asociación de algunos elementos.

Para el grupo de los granitoides precoces, el 2º factor, que en este caso indica las tendencias potásicas, se encuentra fuertemente influido por el agua, y a su vez este factor contribuye de manera muy importante a la varianza de este grupo litológico. Esta influencia del agua sobre el factor potásico resulta chocante por ser estas rocas de afinidades bastante anhidras, y si bien puede estar relacionado con la existencia de algunas rocas de características más evolucionadas también puede ser debido a la inclusión

en este grupo de rocas relacionadas con los granitos de dos micas deformadas, que por su quimismo más sódico e hidratado determinarían el alto grado de varianza asociada a este factor.

Otra peculiaridad referente a estos granitoides consiste en una mayor influencia del potásico en el factor que caracteriza las tendencias sílico-sódicas.

En el caso de los granitoides de dos micas deformadas, en el factor potásico contribuyen parcialmente los elementos asociados a la biotita, encontrándose un mayor peso de ellos que en la matriz factorial conjunta. En los restantes factores, las variables composicionales se agrupan según un esquema fundamental semejante al observado para todos los granitos.

En los granitos postcinemáticos, en el factor sílico--sódico se observa una ligera influencia del potásico al igual que en el caso de los granitoides biotíticos precoces, pero aquí es mucho más importante la contribución a la varianza por parte de este factor. También al igual que en aquellos, es muy apreciable el peso del  $H_2O$  en el término potásico. Por tanto, las tendencias potásicas e hidratadas pueden encontrarse en relación con la existencia de facies o tipos con moscovita, si bien la varianza justificada es menor, dado su carácter promedio menos básico que los granitoides biotíticos precoces.

De todas estas observaciones resulta destacable el papel desempeñado por el agua en asociación con las tendencias potásicas en los grupos de granitoides con biotita.

#### CLASIFICACIONES Y COMPARACIONES GEOQUIMICAS. CRITERIOS DE DISCRIMINACION.

A la hora de establecer comparaciones y de realizar la clasificación de las rocas graníticas en función del quimismo de los elementos mayoritarios, uno de los factores que se ha tenido en cuenta con mayor frecuencia ha sido el grado de saturación en  $Al_2O_3$ , manifiesto por la presencia o ausencia de corindón en la norma CIPW y en el índice de peraluminidad IP. Este criterio ha sido utilizado en el ámbito local en estudio como uno de los criterios para la reparación de las dos grandes familias, calcoalcalina y alcalina de



de tendencia aluminica (2) y (3), que a grandes rasgos coinciden con los grupos graníticos I y S (7). Estos últimos autores utilizan en conjunción con este criterio, otro basado en los contenidos relativos de  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  y que evidencia un carácter más sódico para los granitoides de tipo I (calcoalcalinos) y que cuantitativamente puede expresarse como  $\text{ISA} = \text{Na}_2\text{O} - (\text{K}_2\text{O} + 4.6)/3$ .

Según (7) y basándose exclusivamente en datos composicionales químicos, los granitoides I se caracterizan por valores de  $\text{IP} < 1.1$  e  $\text{ISA} > 0$  y los granitoides S por  $\text{IP} > 1.1$  e  $\text{ISA} < 0$ .

En la tabla IV, se ha presentado la distribución de los 3 grupos de granitoides establecidos según las distintas categorías posibles en base a IP e ISA, reduciendo a 100 el nº total de muestras de cada grupo.

TABLA IV

Distribución de las muestras de los tres grupos de granitoides en función de IP-ISA (en %).

$$\text{ISA} = \text{Na}_2\text{O} - ((\text{K}_2\text{O} + 4.6)/3)$$

$$\text{IP} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}) \text{ (moles)}$$

		Granitoides precoces	Granitoides inhomogéneos y granitos de dos micas deformados.	Granitos post cinemáticos.
"I"	$0 < \text{ISA}, 1.1 > \text{IP}$	22	8	57
Híbridos	$0 < \text{ISA}, 1.1 < \text{IP}$	43	32	25
" "	$0 > \text{ISA}, 1.1 > \text{IP}$	10	4	7
"S"	$0 > \text{ISA}, 1.1 < \text{IP}$	25	56	11

Para el grupo de los granitoides biotíticos precoces, la clasificación pone de manifiesto unas características poco definidas, y si bien por la mayoría de afinidades petrológicas se asocian a los tipos I, es mayor el número de muestras clasificadas como S en base a su quimismo y a su vez es muy elevada la proporción de muestras con características ambiguas.

Para los otros dos grupos de granitos, la clasificación química coincide

mayoritariamente con la que los correspondería por sus características petro<sub>l</sub>ógicas y mineralógicas, no obstante, la proporción de muestras con clasificac*ión* imprecisa o equívoca es muy considerable(43-44%).

Todas estas observaciones ponen de manifiesto, por una parte, que el grupo de los granitoides precoces tiene una identidad composicional muy problemática, debido en parte a la inclusión en este grupo de rocas relacionadas con el grupo de los granitoides de dos micas deformados, que justifica el alto porcentaje de tipos con características S y el predominio de los términos aluminicos. Por otra parte, la considerable proporción de muestras con características químicas imprecisas o contradictorias, evidencia que resulta muy problemática la clasificación de estos granitoides en base al quimismo de los elementos mayores exclusivamente y que la extrapolación de los criterios y límites de (7), resulta parcialmente inadecuada en el ámbito plutónico de este sector del Macizo Hespérico.

Con objeto de realizar una clasificación geoquímica basada en criterios más objetivos y propios de cada uno de los grupos graníticos individualizados, se ha procedido a calcular la función discriminante para ellos en base a la totalidad de los elementos mayores y siguiendo el procedimiento de cálculo establecido en el programa BMD (9). Una vez calculadas las correspondientes funciones discriminantes (tabla V), se comprueba en la tabla VI que a pesar de la problemática existente en cuanto a la inclusión en alguno de los grupos preestablecidos de rocas de clasificación equívoca, estos tienen coherencia bajo el punto de vista geoquímico, que se evidencia en que la mayor proporción de las rocas de cada grupo es clasificada en su grupo correspondiente. Además el porcentaje de clasificación correcta mejora en los grupos en los que existe la certeza de que hay menor inclusión de muestras erróneas.

TABLA V  
COEFICIENTES, FUNCION DISCRIMINANTE

	1	2	3
	n = 51	n = 203	n = 100
SiO <sub>2</sub>	178.85	178.63	178.63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	185.21	184.67	184.20
FeO <sub>T</sub>	143.71	143.60	143.98
MgO <sub>T</sub>	214.19	212.19	211.32
CaO	133.60	131.36	132.61
Na <sub>2</sub> O	192.27	192.15	193.80
K <sub>2</sub> O	183.16	182.76	183.19
TiO <sub>2</sub>	394.15	395.52	395.72
Constante	-8862.25	-8832.47	-8835.20

TABLA VI

MATRIZ DE CLASIFICACION DE LA FUNCION DEL ANALISIS DISCRIMINANTE. (VALORES REDUCIDOS A %)

		GRUPOS TEORICOS DISCRIMINANTES		
		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
GRUPOS REALES	1	53	27	20
	2	9	73	18
	3	17	19	64

RELACION DE LAS MINERALIZACIONES CON LAS ROCAS GRANITICAS.

La información disponible respecto a los indicios mineros y a su control geológico es la suministrada en el Mapa Metalogenético nacional a escala -- 1:200.000. El soporte magnético de esta información ha sido facilitado por el Instituto Geológico y Minero de España y contiene más de 9000 indicios mineros. Estos datos han sido procesados mediante el programa GRASP (10).

En el área estudiada aparecen 1351 indicios de los que en 867 casos se encuentra especificada la sustancia.

Centrándonos únicamente en la información relacionada con las unidades plutónicas, es decir, los indicios intragraníticos (Tabla VII), se observa un mayor porcentaje de mineralizaciones en relación con los granitos de dos micas, siendo menor en los otros grupos granitoides.

TABLA VII

	Granitoides precoces	Granitoides inhomogéneos y granitos 2 micas orientados.	Granitoides Post-cinemáticos.
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
nº macizos	13	39	24
Indicios mineros	4	38	5
Naturaleza del indicio	1 Au, 1 Au-As 1 Sn, 1 U - Th	8 U, 15 Sn, 5 W, 1 Mo 2 Au-As, 7 Nb-Ta	1 Cu, 1 W-Sn, 1 W 1 W-Mo, 1 Sn

La falta de información precisa, dificulta enormemente el llegar a conclusiones más concretas debido a diversas causas. La primera viene condicionada por las anomalías que se aprecian en la clasificación de los plutones. La segunda y fundamental se debe a la precisión de los indicios mineros y al desigual reparto de estos, ya que en la mayoría de los casos su localización queda exclusivamente condicionada a la existencia de una denuncia.

No obstante, se observa una estrecha relación entre los granitos de dos micas y la presencia de mineralización, aunque pese a existir un elevado número de plutones graníticos de esta categoría sin indicios asociados, practicamente monopolizan en este sector la metalogenia relacionada con los granitos.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- FLOOR P., KISCH H. J. et OEN ING. SOEN (1970): Essai de corrélation de quelques granites hercyniens de la Galice et du nord du Portugal. Bol. Geol. y Min. 81 (242-244).
- 2.- CAPDEVILA R. et FLOOR P. (1970): Les différents types de granites hercyniens et leur destribution dans le nord ouest de l'Espagne Bol. Geol. y Min. 81 (215-225).
- 3.- CAPDEVILA R., CORRETGE G. et FLOOR P. (1973): Les granitoides varisques de la Meseta Iberique. Bull. Soc. Geol. France. 7 (209-228).
- 4.- BARRERA J.L., BELLIDO F., PABLO MACIA J.G. de, ARPS, Ch.E.S. (1982): Evolucion petrológica geoquímica de los granitoides hercínicos del N.O. gallego. Cuad. do Lab. Xeol. de Laxe. 3. (21-52).
- 5.- DE PABLO MACIA J.G. de, (1981): Contribución a la correlación y síntesis de los granitos gallegos. Cuad. do Lab. Xeol. de Laxe 2 (51-60).
- 6.- LE MAITRE (1976): Chemical variability of some common igneous rocks. -- Jour. Petrol. 17 (589-637).
- 7.- CHAPPELL B.W., and WHITE A.J.R. (1974): Two contrasting granite types. Pacif. Geol. 8 (173-174).
- 8.- MIESCH A.T. (1976): Q-mode factor analysis of compositional data. Computers and Geosco. 1 (147-159).
- 9.- DIXON W.Y. (1973): BMD. Biomedical computer programs. Univer. of Calif. Press 775 pgs.
- 10.- BOWEN R. (1980): GRASP User manual. Geol. Serv. U.S.A. 59 pgs.